

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-256184

(43)Date of publication of application : 25.09.1998

(51)Int.Cl.

H01L 21/28

H01L 33/00

(21)Application number : 09-053477

(71)Applicant : SANYO ELECTRIC CO LTD

(22)Date of filing : 07.03.1997

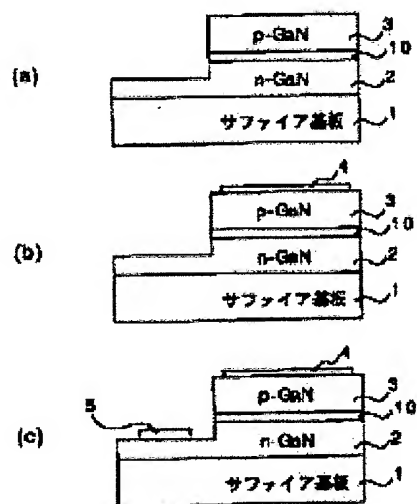
(72)Inventor : MATSUSHITA YASUHIKO  
TAKEUCHI KUNIO

## (54) ELECTRODE FOR P-TYPE NITRIDE SEMICONDUCTOR SEMICONDUCTOR ELEMENT HAVING ELECTRODE AND FABRICATION THEREOF

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain an electrode for p-type nitride semiconductor in which adhesion and conductivity are enhanced even when it is employed as a transparent electrode by forming the electrode of palladium thereby enhancing the ohmic characteristics and adhesion to a semiconductor film.

**SOLUTION:** An n-type GaN layer 2 and a p-type GaN layer 3 are formed on a sapphire substrate 1 by MOCVD. The p-type GaN layer 3, and the like, are then removed partially by mesa etching to expose the n-type GaN layer 2. A light emission layer 10 is formed between the n-type GaN layer 2 and the p-type GaN layer 3. Subsequently, a transparent electrode 4 comprising a laminate of Pd and Au is formed by electron beam deposition, or the like, substantially on the entire surface of the p-type GaN layer 3 on the emission observing face side. Thereafter, an n electrode 5 comprising a laminate of titanium and aluminum is formed on the surface of the n-type GaN layer 2 by electron beam deposition, or the like. Finally, heat treatment is performed for 3min at about 600° C, for example, thus making ohmic contact with the n electrode 5.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-256184

(43) 公開日 平成10年(1998) 9月25日

(51) Int.Cl.<sup>5</sup>H 0 1 L 21/28  
33/00

識別記号

3 0 1

F I

H 0 1 L 21/28  
33/003 0 1 H  
E  
C

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平9-53477

(22) 出願日 平成9年(1997) 3月7日

(71) 出願人 000001889

三洋電機株式会社

大阪府守口市京阪本通 2丁目 5番 5号

(72) 発明者 松下 保彦

大阪府守口市京阪本通 2丁目 5番 5号 三  
洋電機株式会社内

(72) 発明者 竹内 邦生

大阪府守口市京阪本通 2丁目 5番 5号 三  
洋電機株式会社内

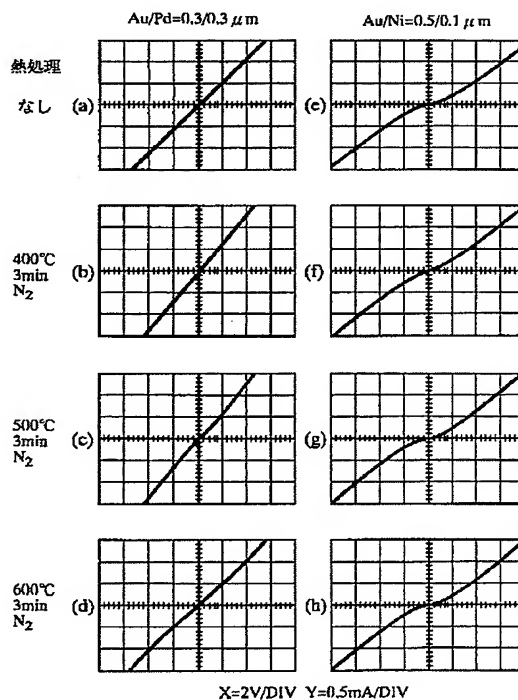
(74) 代理人 弁理士 鳥居 洋

(54) 【発明の名称】 p型窒化物半導体の電極および前記電極を有する半導体素子およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 オーミック特性および半導体膜との付着性に優れ、また、透光性電極として用いる場合にも付着性および導通性に優れた p 型窒化物半導体の電極を提供する。

【解決手段】 この発明の p 型窒化物半導体の電極は、例えば、青色 LED の p-GaN 層 3 上の透光性電極 4 として形成されるものであり、オーミック接触を得るように形成されたパラジウム (Pd) と、その上面に形成された金 (Au) とから成っている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 パラジウム（Pd）から成るp型窒化物半導体の電極。

【請求項2】 オーミック層を成すパラジウム（Pd）層と、その上面に形成されたパラジウム以外の金属層とから成るp型窒化物半導体の電極。

【請求項3】 請求項1又は請求項2のいずれかに記載のp型窒化物半導体の電極を有する半導体素子。

【請求項4】 p型窒化物半導体上に請求項1又は請求項2の電極を形成し、熱処理を行わずに次工程に進むことを特徴とする半導体素子の製造方法。

【請求項5】 p型窒化物半導体上に請求項1又は請求項2の電極を形成し、窒素ガス又は不活性ガス中で熱処理を行った後に次工程に進むことを特徴とする半導体素子の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、p型窒化物半導体の電極および前記電極を有する半導体素子およびその製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】窒化ガリウム系化合物半導体（例えば、GaN）は、p型の不純物（Mg、Zn、Cd、Be、Li等）を添加すればp型半導体として機能し、n型の不純物（Si、Sn、Ge等）を添加すればn型半導体として機能するものであり、青色発光ダイオード、レーザーダイオード、或いは受光素子などの光デバイスの半導体層として用いられている。

【0003】これらの光デバイスでは、低電圧駆動化や高輝度化といった点での性能向上が求められているが、この要求を実現するには、半導体膜と金属膜との接触（オーミック接触）の良好化が必要となる。従来は、p型窒化ガリウム系化合物半導体の電極として、ニッケル（Ni）を用いるのが通例であった（例えば、特開平5-291621号公報参照）。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、前記ニッケル（Ni）を用いても理想的なオーミック特性は得られないというのが実情である。図1（e）乃至（h）は、サファイア基板上にp型GaN膜（正孔キャリア濃度  $4 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ ）を形成し、このp型GaN膜上にオーミック接触を得るためのNi（膜厚0.1  $\mu\text{m}$ ）と、導電層としてのAu（0.5  $\mu\text{m}$ ）の積層膜を電極として用いたときのI（電流）-V（電圧）特性を示したグラフである。これらのグラフにおいて、同図（e）は熱処理を行わない場合を示しており、同図（f）は窒素ガス雰囲気中で、400℃および3分という条件で熱処理を行った場合を、同図（g）は窒素ガス雰囲気中で、500℃および3分という条件で熱処理を行った場合を、同図（h）は窒素ガス雰囲気中で、600℃およ

び3分という条件で熱処理を行った場合をそれぞれ示している。

【0005】これらI-V特性のグラフから分かるように、低電流域では直線性に不良が生じており、400℃或いは500℃の条件のときに、幾分、低電流域での直線性に改善が見られる程度である。また、電極に求められる特性として、半導体膜との付着性があるが、ニッケル（Ni）単独構造の電極（膜厚0.1  $\mu\text{m}$ ）では、付着不良が生じることが知られている。

【0006】また、上述したAuとNiから成る電極を、透光性電極（薄膜電極）として用いる場合もある。p型GaN膜上にNi（膜厚20Å）とAu（40Å）の積層膜（Niがオーミック層として形成されている）を電極として用いたときの、導通性および付着力について実験を行った。この結果を下記の表1に示す。

## 【0007】

## 【表1】

Au/Ni/(p型GaN)			
熱処理		付着力	導通性
熱処理なし		△	○
N <sub>2</sub> ガス中3分	400℃	△	○
	500℃	○	△
	600℃	○	△

【0008】なお、付着力は、粘着性シートを電極に張りつけてその剥がれをチェックした結果であり、少しでも剥がれが生じたときには△を付し、全く剥がれが生じなかった場合に○を付している。また、導通性は、4端子法で2点間のI-V特性を調べた結果であり、電極面内で数箇所を測定し、全てが良好であったものに○を付し、ばらつきがあったものには△を付している。

【0009】上記の表1から分かるように、NiとAuの積層膜を電極とするのでは、付着力と導通性を共に満足することが困難である。なお、この電極において500℃以上の熱処理を行った場合に導通性に不具合が生じるのは、Auがボールアップするためである。

【0010】この発明は、上記の事情に鑑み、オーミック特性および半導体膜との付着性に優れ、また、透光性電極として用いる場合にも付着性および導通性に優れたp型窒化物半導体の電極およびこの電極を有する半導体素子およびその製造方法を提供することを目的とする。

## 【0011】

【課題を解決するための手段】この発明のp型窒化物半

導体の電極は、パラジウム（Pd）から成ることを特徴とする。また、オーミック層を成すパラジウム（Pd）層と、その上面に形成されたパラジウム以外の金属層とから成ることを特徴とする。

【0012】また、この発明の半導体素子は、上述したp型窒化物半導体の電極を有することを特徴とする。

【0013】また、この発明の半導体素子の製造方法は、p型窒化物半導体上にパラジウム（Pd）を成膜し、熱処理を行わずに次工程に進むことを特徴とする。かかる方法であれば、熱処理が不要であるために当該半導体素子の製造の容易化を図ることができる。なお、p型窒化物半導体上にパラジウム（Pd）を成膜し、窒素ガス又は不活性ガス中で熱処理を行った後に次工程に進むようにしてもよい。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施の形態を図に基づいて説明する。

【0015】図1（a）乃至（d）は、サファイア基板上に成長させたp型GaN（正孔キャリア濃度＝ $4 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ ）膜上に、オーミック接触をとるためのパラジウム（Pd）を膜厚0.3  $\mu\text{m}$ で形成し、このパラジウム層上に金（Au）を膜厚0.3  $\mu\text{m}$ で形成した積層型の電極についてI-V特性を調べた結果を示したグラフであり、熱処理をしない場合を同図（a）に、熱処理をした場合を同図（b）乃至同図（d）にそれぞれ示している。熱処理は、窒素（N<sub>2</sub>）雰囲気中で3分間行うこととし、同図（b）は400℃の条件下で、同図（c）は500℃の条件下で、同図（d）は600℃の条件下で行った場合をそれぞれ示している。なお、これらのグラフにおいて、 $X=2 \text{ V/DIV}$ 、 $Y=0.5 \text{ mA/DIV}$ としている。

【0016】これらのグラフから分かるように、この発明にかかる電極は、図1（e）乃至（h）で挙げた従来のAu/Ni/（p-GaN）の電極構造に比べ、全ての条件下において、I-V特性がその直線性に優れていることが分かる。なお、図には示していないが、600℃で10分を越える熱処理を行うと、I-V特性の直線性が劣化する傾向が見られた。従って、当該熱処理条件は、600℃を上回る場合には10分以内とするのが望ましい。

【0017】次に、窒化ガリウム系化合物半導体の電極を、透光性電極（薄膜電極）として用いる場合について説明する。p型GaN膜上にPd（膜厚20 Å）とAu（40 Å）の積層膜（Pdがオーミック層として形成されている）を電極として用いたときの、導通性および付着力について実験を行った。この結果を下記の表2に示す。

【0018】

【表2】

Au/Pd/（p型GaN）			
熱処理		付着力	導通性
熱処理なし		○	○
N <sub>2</sub> ガス中3分	400℃	○	○
	500℃	○	○
	600℃	○	○

【0019】なお、付着力は、粘性シートを電極に張りつけてその剥がれをチェックした結果であり、少しでも剥がれが生じたときには△を付し、全く剥がれが生じなかった場合に○を付している。また、導通性は、4端子法で2点間のI-V特性を調べた結果であり、電極面内で数箇所を測定し、全てが良好であったものに○を付し、ばらつきがあったものには△を付している。

【0020】上記の表2から分かるように、この発明にかかる電極の方が、表1に示した従来のAu/Ni/（p型GaN）から成る電極構造よりも、全ての条件下において、付着力および導通性の両面で優れている。なお、この電極において500℃以上の熱処理を行った場合でも導通性に不具合が生じないのは、AuとPdとの濡れ性が良好であり、Auがボールアップしないためと考えられる。

【0021】前述した図1の結果、及び、上記表2の結果から、この発明にかかる電極にあっては、温度の影響を受けにくいものであるということが分かる。このことは、当該電極の形成後に熱処理が必要となる工程、例えば、p電極となるこの発明の電極の形成後にn電極を形成してその熱処理を行う場合や、保護膜のベーキング処理等が必要となる工程などを問題なく採用できることを意味し、当該電極を用いる半導体素子の製造工程に大きな融通性をもたらすことになる。また、当該電極を用いる半導体素子が、例えば自動車のエンジン回りなどの高温部分に用いられる場合でも、この高温によっては電極特性を劣化させることがないという優れた利点がある。

【0022】図2は、上述したAu/Pd/（p型GaN）の電極構造を薄膜電極として採用した青色LEDチップの製造の各工程における縦断側面図である。以下、図2を用いてこのチップの製造方法を説明する。

【0023】同図（a）に示すように、サファイア基板1上にn型GaN層2、p型GaN層3をMOCVD法により形成する。そして、メサエッチングによりp型GaN層3等の一部を除去し、n-GaN層2の一部を露出する。なお、n型GaN層2とp型GaN層3との間

には、発光層10が形成されている。

【0024】次に、同図(b)に示すように、発光観測面側となるp型GaN層3のほぼ全面に、Pd(膜厚20Å)とAu(40Å)の積層膜から成る透光性電極4を電子ビーム蒸着などの方法により形成する。Pdの成膜においては、成膜温度を室温、真空度を $2 \sim 5 \times 10^{-6}$  Torr、成膜速度を10Å/秒以下とした条件で行った。そして、この透光性電極4の形成においては、熱処理は行わずに、次の同図(c)に示す工程に進む。

【0025】同図(c)に示すように、n型GaN層2の表面に膜厚約30nmのチタン(Ti)と膜厚500nmのアルミニウム(Al)を積層したn電極5を電子ビーム蒸着などにより形成する。そして、約600℃の温度で3分の熱処理(アロイ)を行い、n電極5のオーミック接触をとる。この熱処理では、既に形成した透光性電極4の導通性や付着力が損なわれることはない(表2参照)。なお、熱処理においては、窒素ガスの流量を1.0リットル/分とした。

【0026】その後、同図(d)に示すように、SiO<sub>2</sub>、Si<sub>3</sub>O<sub>4</sub>、SiN等からなる保護膜6を、流動性塗布膜をスピコートした後にベーキングすることで形成し、同図(e)に示すように、保護膜6の両電極部分を開口した後、膜厚約30nmのニッケル(Ni)と膜厚約500nmの金(Au)からなるパッド電極7、8を設ける。これにより、青色LEDチップが得られることになる。

【0027】なお、以上の説明では、窒化ガリウム系化合物半導体として、GaNを示したが、これに限らず、例えば、Ga<sub>x</sub>Al<sub>1-x</sub>N(ただし、 $0 \leq X \leq 1$ )、或いはIn<sub>x</sub>Al<sub>1-x</sub>Ga<sub>1-x-y</sub>N(ただし、 $0 \leq X \leq 1$ 、 $0 \leq Y \leq 1$ )なども含まれるものである。勿論、かかる式から分かるようにGaが無い場合の窒化物でもよいものである。また、AuとPdから成る積層タイプの電極を示したが、当該Au以外の金属を用いることも可能である。更に、これら積層膜から成る電極に限らず、Pdのみからなる電極でもよいものである。なお、p型GaN層上に膜厚0.3μmのPdからなる単独膜を形成してそのI-V特性を調べたところ、図1(a)乃至(d)と同様の良好な結果が得られた。

【0028】また、当該電極が用いられる半導体素子として青色LEDチップを示したが、これに限らず、フォトランジスタ(特に、短波長用)や半導体レーザなど

の光デバイスにも用いることができるものであり、更に、これらの光デバイスの他、FET、パイホーラトランジスタ、ダイオードなどのデバイス(特に、高温環境下用)にも適用することが可能である。

【0029】また、上述した製造例では、Pdから成るp電極の形成において熱処理を行わないことにして半導体素子の製造の容易化を図ったが、熱処理を行うようにしてもかまわないものである。この場合、Pdの腐食や酸化防止のため、窒素ガス又は不活性ガス中で熱処理を行うのが望ましい。また、Pdから成る透光性電極を例示したが、Pdから成る厚膜電極としてもよいことは勿論であり、この厚膜電極を得るには、例えば、電子ビーム蒸着法を用い、成膜温度を室温、真空度を $2 \sim 5 \times 10^{-6}$  Torr、成膜速度を10~20Å/秒の条件とする製造例が挙げられる。

#### 【0030】

【発明の効果】以上説明したように、この発明によれば、オーミック特性および半導体膜との付着性に優れ、また、透光性電極として用いる場合にも付着性および導通性に優れた電極を提供できる。また、温度の影響を受けにくいため、当該電極を用いるデバイスの製造工程の融通性に優れており、更に、高温の環境下で用いられるデバイスの電極としても有用であるという効果も併せて奏する。

#### 【図面の簡単な説明】

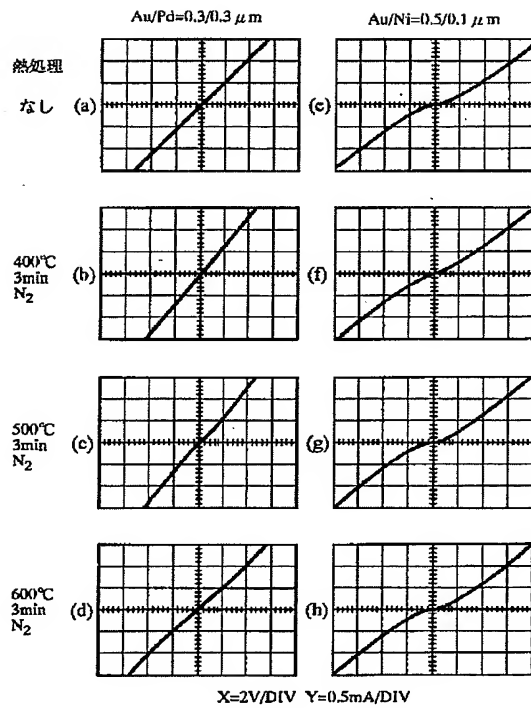
【図1】同図(a)乃至同図(d)は、この発明のAu/Pd/(p型GaN)構造の電極のI-V特性を示すグラフであり、同図(e)乃至同図(h)は、従来のAu/Ni/(p型GaN)構造の電極のI-V特性を示すグラフである。

【図2】この発明のAu/Pd/(p型GaN)構造の電極を有する青色LEDの製造の各工程を示す縦断側面図である。

#### 【符号の説明】

- 1 サファイア基板
- 2 n-GaN層
- 3 p-GaN層
- 4 Au/Pd/(p型GaN)構造の透光性電極
- 5 n電極
- 6 保護膜
- 7, 8パッド電極
- 10 発光層

【図1】



【図2】

